

METEOROLOGIA

METEOROLOGIA

O clima é um fator muito importante em todas as atividades da aviação. Tanto para os pilotos particulares como comerciais, o conhecimento do clima é essencial no planeamento do voo e nas decisões que serão tomadas em caso de alteração da situação aérea.

1 A ATMOSFERA

1.1 COMPOSIÇÃO DA ATMOSFERA TERRESTRE

A atmosfera terrestre é uma camada de gases que envolve a Terra. A sua composição é considerada a seguinte:

- 78% de azoto (N₂)
- 21% de oxigénio (O₂)
- 1% de vários gases (Ar, CO₂, ...)

A camada mais externa da atmosfera atinge uma altitude de até 400 km. No entanto, a maior parte da atmosfera concentra-se nas camadas inferiores. A porção na qual se concentram os fenómenos meteorológicos varia entre uma altitude de 7 km nos pólos e 15 km no equador. Metade da massa da atmosfera concentra-se nos primeiros 5 km de altitude e 90% nos primeiros 20 km. As camadas superiores têm, portanto, uma densidade muito baixa.

A atmosfera divide-se em camadas sucessivas cujas principais propriedades são as seguintes:

A termosfera

A temperatura aí sobe bruscamente até aos 500°C na orla da atmosfera.

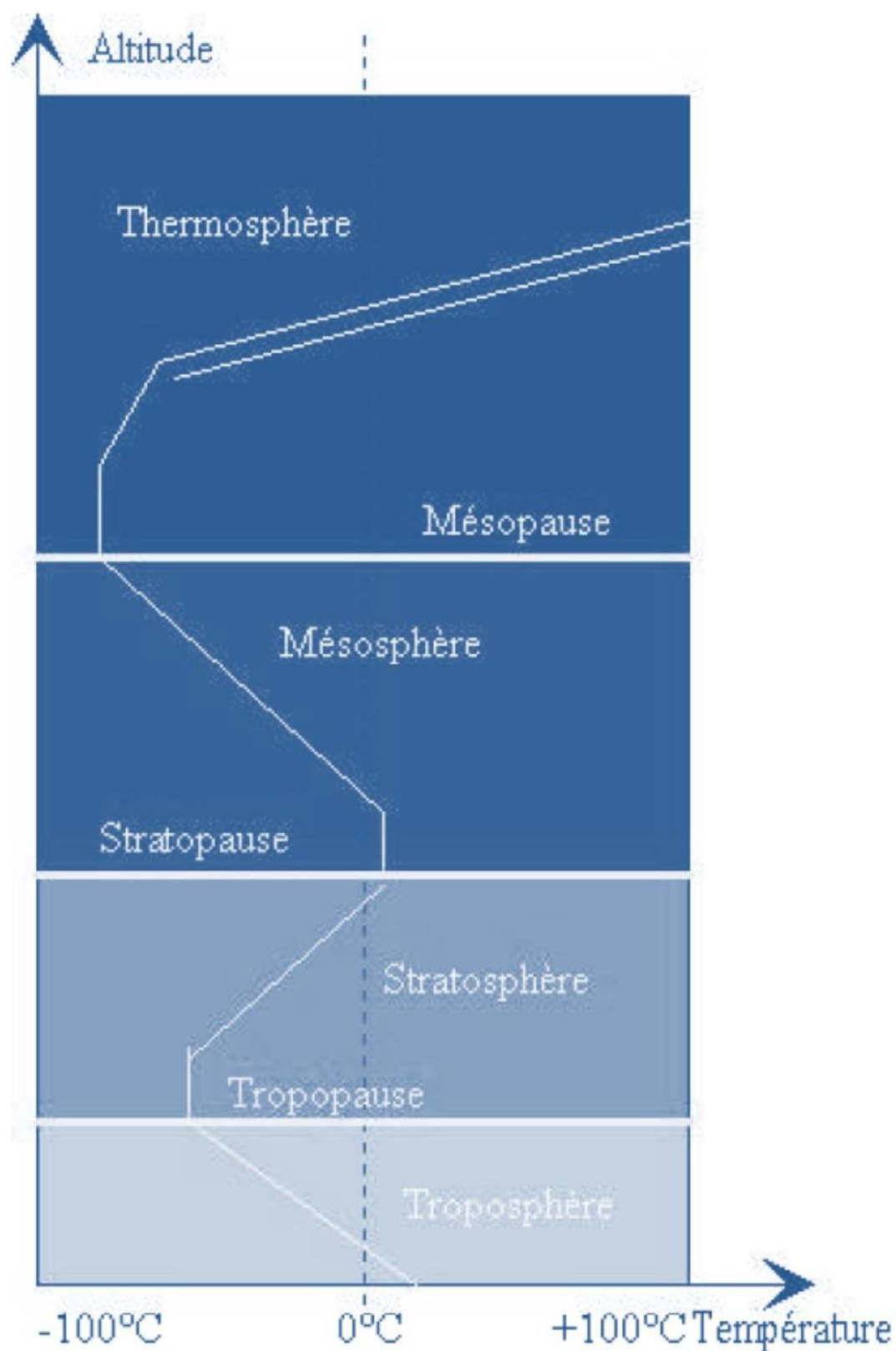
A mesosfera

A temperatura diminui bruscamente até ao limite desta camada (cerca de 80 km). A estratosfera

Esta camada já é de baixa densidade. A temperatura mantém-se constante até cerca de 25 km e depois aumenta até cerca de 0 °C a uma altitude de cerca de 40 km. A troposfera

Esta é a camada mais baixa. A sua espessura varia de 7 a 15 km dos pólos ao equador. Nas nossas latitudes, atinge os 11 km. É nesta camada que ocorrem os fenómenos meteorológicos. A temperatura diminui com a altitude, atingindo

- 50 / -60 °C.



As separações entre as 4 camadas são designadas a tropopausa, a estratopausa e a mesopausa.

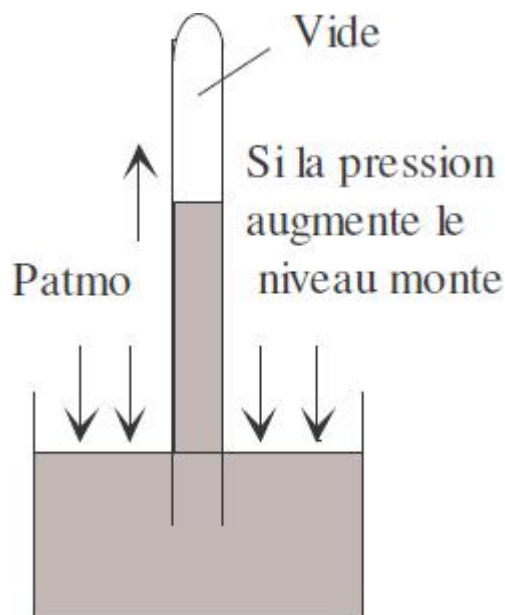
1.2 PRESSÃO ATMOSFÉRICA

1.2.1 A origem da pressão atmosférica

A pressão atmosférica resulta das colisões das moléculas de ar entre si e com os objetos da atmosfera. Juntamente com a temperatura, é um parâmetro fundamental na previsão do tempo.

Historicamente, as primeiras medições da pressão atmosférica foram feitas por TORRICELLI nos canais de VENEZA. A partir daí, foi desenvolvido um instrumento para a medir, o barómetro. Utiliza o mercúrio (Hg) para medir a pressão atmosférica. A primeira unidade de medida da pressão atmosférica foi o milímetro de mercúrio (mmHg) ou a polegada de mercúrio (InHg) para os anglo-saxónicos.

No Sistema Internacional de Unidades, a pressão é expressa em Pascal. Em condições climáticas, é mais prático utilizar o hectopascal ($1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa}$). O milibar também é utilizado ($1 \text{ mbar} = 1 \text{ hPa}$).



O valor médio ao nível do mar é de 1013 hPa ou 760 mmHg. Lembremos que:

Em média a 0 m: $P_{\text{atm}} = 1013 \text{ hPa} = 1013 \text{ mbar} = 760 \text{ mmHg} = 29,92 \text{ InHg}$ e $1 \text{ hPa} = 1 \text{ mbar} = 100 \text{ Pa}$

1.2.2 Variações da pressão com a altitude

A pressão atmosférica diminui à medida que ganhamos altitude. Esta variação não é linear. Para a determinar, existem cálculos que têm em conta as variações de altitude e temperatura. A isto se chama lei do nivelamento barométrico.

A diminuição é maior a baixas altitudes do que a altas altitudes.

Notaremos que:

Para que a pressão diminua 1 hPa, deve aumentar:

- 8,5 m (=28 pés) ao nível do mar

- 30 m (=100 pés) em direção a 3000 m (10000 pés)

1.2.3 Variações de pressão ao nível do mar

A pressão varia não só com a altitude, mas também com a localização. Dependendo da natureza do solo e de vários outros parâmetros, a temperatura não é uniforme ao nível do mar e, por isso, a pressão também não. São então desenhados mapas com curvas que unem os pontos de igual pressão ao nível do mar: isóbaras. O exemplo abaixo mostra os elementos característicos que estes cartões destacam:

1.2.3.1 ANTICICLONES

São áreas de alta pressão classificadas como A. Nestas áreas, o vento é fraco e o tempo é bom, geralmente com céu limpo.

1.2.3.2 DEPRESSÕES

São zonas de baixas pressões que notamos D. Nestas zonas o vento é bastante forte e o tempo está mau, com céu frequentemente muito nublado e precipitação frequente.

1.2.3.3 As PASSAGENS

Uma área localizada entre depressões e anticiclones, marcando uma inversão na direção do desenvolvimento da pressão. Nesta zona, os ventos são relativamente calmos e de direção variável. O clima também é variável.

1.2.3.4 PÂNTANOS BAROMÉTRICOS

São áreas vastas onde a pressão varia muito pouco. Os ventos são fracos

e muito variáveis. Esta é uma zona de mau tempo estagnado.

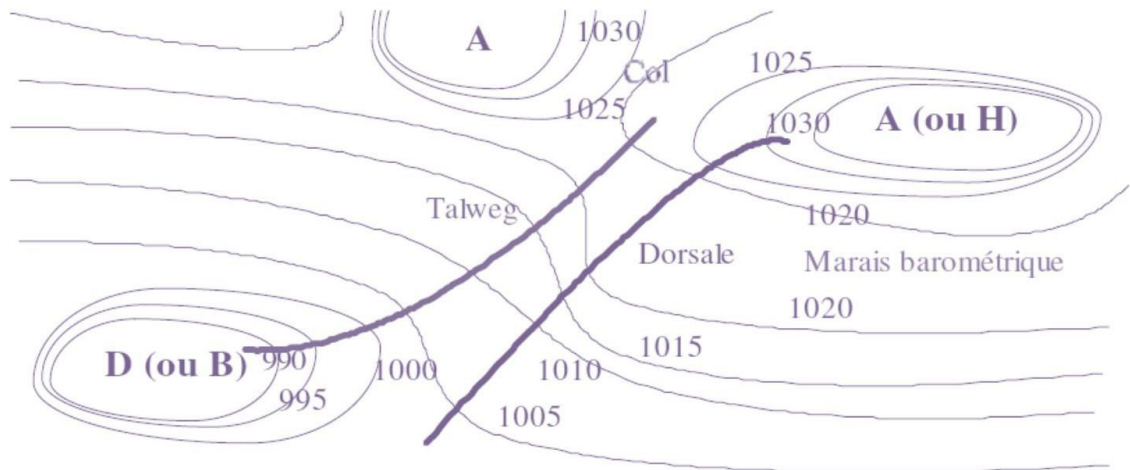
1.2.3.5 Os DORSAIS

Este é o avanço de um sistema de alta pressão para zonas de menor pressão. O clima nesta região é geralmente bom.

1.2.3.6 Os TALWEGS ou THALWEGS

Este é um avanço das áreas de baixa pressão. Geralmente é o efeito de uma frente.

frio. Há ventos bastante fortes e mau tempo.



1.2.4 A atmosfera padrão

Para basear todos os altímetros na mesma lei de variação da pressão em função da altitude, a ICAO (Organização da Aviação Civil Internacional) definiu uma atmosfera padrão. Corresponde às condições médias de temperatura e pressão encontradas na atmosfera.

Características da atmosfera padrão da ICAO:

- ao nível do mar $T = +15^{\circ}\text{C}$ e $P_{\text{atm}} = 1013,25 \text{ hPa}$
- gradiente vertical de temperatura: $-6,5^{\circ}\text{C} / 1000 \text{ m}$ até aos 11000 m, zero entre 11000 e

20.000 m depois $+10^{\circ}\text{C} / 1.000 \text{ m}$ até aos 32.000 m

- a tropopausa está localizada a 11.000 m
- o ar é seco e de composição constante
- a aceleração da gravidade é $g = 9,80665 \text{ ms}^{-2}$

É esta referência que permite calibrar altímetros, garante a segurança das aeronaves e certifica registros.

2 A TEMPERATURA

As variações de temperatura têm um impacto significativo nos fenómenos climáticos. Estas variações podem ser agrupadas em duas categorias: variações lentas, que pontuam as estações do ano; e variações locais, que ocorrem numa escala de tempo muito mais curta. A influência combinada destas variações resulta em alterações no clima dependendo da localização e da estação do ano.

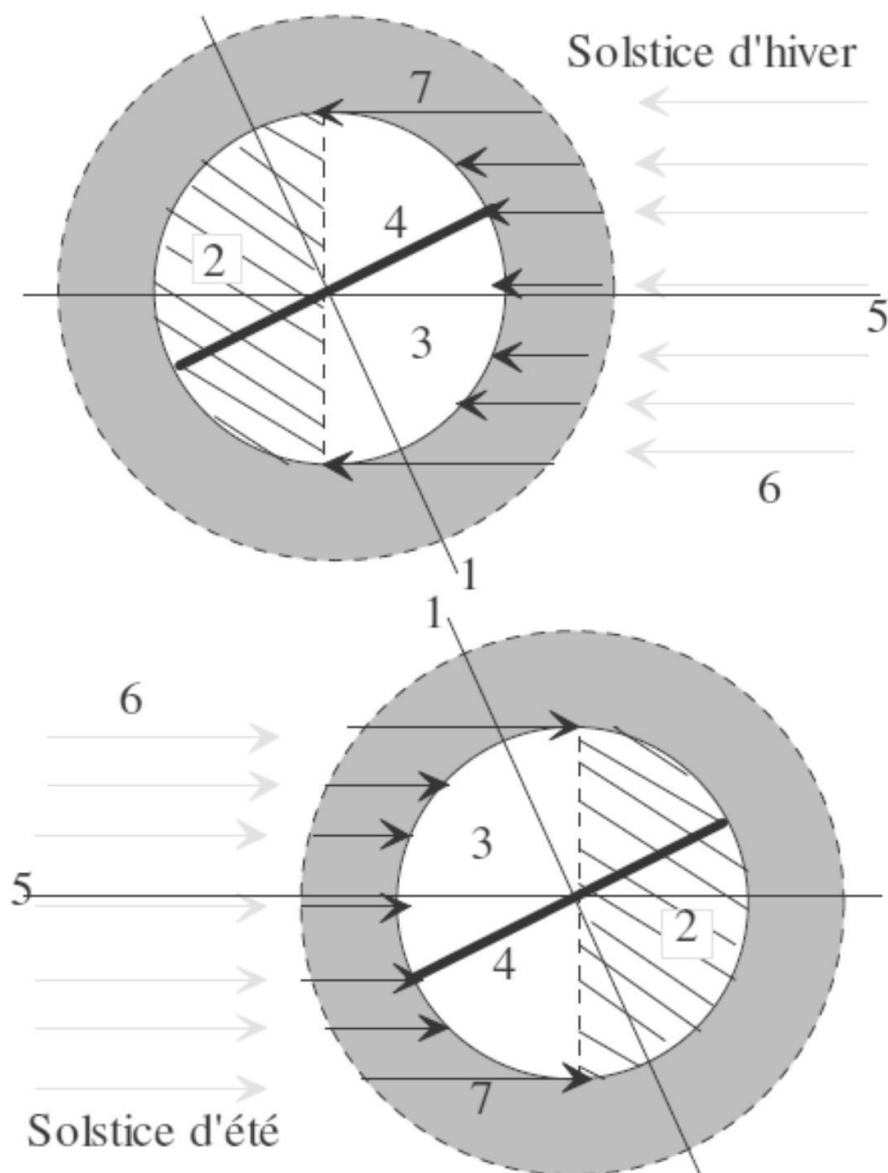
2.1.1 Variações sazonais de temperatura

A posição da Terra em relação ao Sol provoca alterações na quantidade de energia solar recebida pelos pontos da superfície terrestre. O Sol emite radiação eletromagnética (incluindo luz) que atravessa o vazio sem ser absorvida.

Por outro lado, na atmosfera, a radiação mais energética é absorvida total ou parcialmente. Quanto mais espessa for a camada da atmosfera a atravessar, menos energia chega à superfície através da radiação..

A Terra gira em torno de si própria ao longo do eixo dos seus pólos (1). Também gira em torno do Sol num plano inclinado a $23,5^\circ$ em relação ao equador, que se designa por plano eclíptico (5). A radiação solar (6) atinge a Terra. A espessura da atmosfera pela qual tem de passar para atingir a superfície do globo (7) não é, portanto, a mesma em função da latitude. Os pólos recebem uma quantidade de energia muito menor do que o equador. Como a direcção do eixo dos pólos se mantém fixa no espaço durante a rotação da Terra em torno do Sol, esta espessura depende também da posição da Terra em relação ao Sol, ou seja, da estação do ano (ver esquema ao lado). As estações do ano são então invertidas entre os hemisférios norte e sul. Os diagramas ao lado representam os solstícios de inverno e de verão para o hemisfério norte. O período de tempo em que um ponto da superfície da Terra é iluminado pelo sol (e, portanto, o solo aquece) depende também da latitude e da estação do ano.

O esquema mostra as zonas noturna (2) e diurna (3). Apenas os pontos no equador (4) não estão sujeitos às estações do ano e às variações da duração dos dias e das noites (12 h / 12 h). Por outro lado, os pólos estão sujeitos a uma alternância de 6 meses de dia e 6 meses de noite.



2.1.2 Variações locais de temperatura

Dependendo da natureza do solo (rocha, campos cultivados, florestas, asfalto, água, etc.), a mesma energia que chega do sol por radiação não produzirá o mesmo aquecimento. De facto, uma parte mais ou menos significativa desta radiação será reflectida pelo solo.

Assim, apenas uma parte é absorvida. A temperatura do solo não é uniforme. Em contacto com zonas quentes, o ar aquece por convecção. A sua densidade diminui então e sobe para dar lugar ao ar mais frio. Acima das zonas mais quentes, existem, portanto, movimentos ascendentes da massa de ar e, acima

das mais frias, movimentos descendentes. Além disso, a formação de nuvens pode bloquear a chegada da radiação ao solo. A nebulosidade da atmosfera (presença de nuvens) gera, por isso,

também diferenças locais de temperatura no solo. Estas variações locais têm uma influência muito grande na evolução do clima em períodos curtos (algumas horas). Por isso, são tidas em conta pelos meteorologistas para que possam prever o clima e a sua evolução num período de poucas horas.

2.1.3 Evolução da temperatura com a altitude

Vimos, ao discutir a atmosfera padrão, que a temperatura varia com a altitude. O gradiente de temperatura utilizado não é o que encontramos todos os dias. Para a troposfera, a camada dos fenómenos meteorológicos, o gradiente de $-6,5\text{ }^{\circ}\text{C}/1.000\text{ m}$ é um gradiente médio. A temperatura pode variar de forma diferente. É também possível que o gradiente não seja constante dos 0 aos 11.000 m.

3 O VENTO

3.1 ORIGEM DO VENTO

O vento é um movimento horizontal do ar devido às diferenças de pressão entre pontos da superfície da Terra. O vento resulta da ação de três tipos de forças sobre o ar em movimento:

3.1.1 A força do gradiente de pressão

Deve-se à diferença de pressão entre pontos da superfície da Terra. Impulsiona o ar de pressões mais altas para mais baixas. Quanto maiores forem as diferenças de pressão, maior será essa força. Na prática, ao observar as isóbaras num mapa meteorológico, quanto mais próximas estiverem, mais forte será o vento.

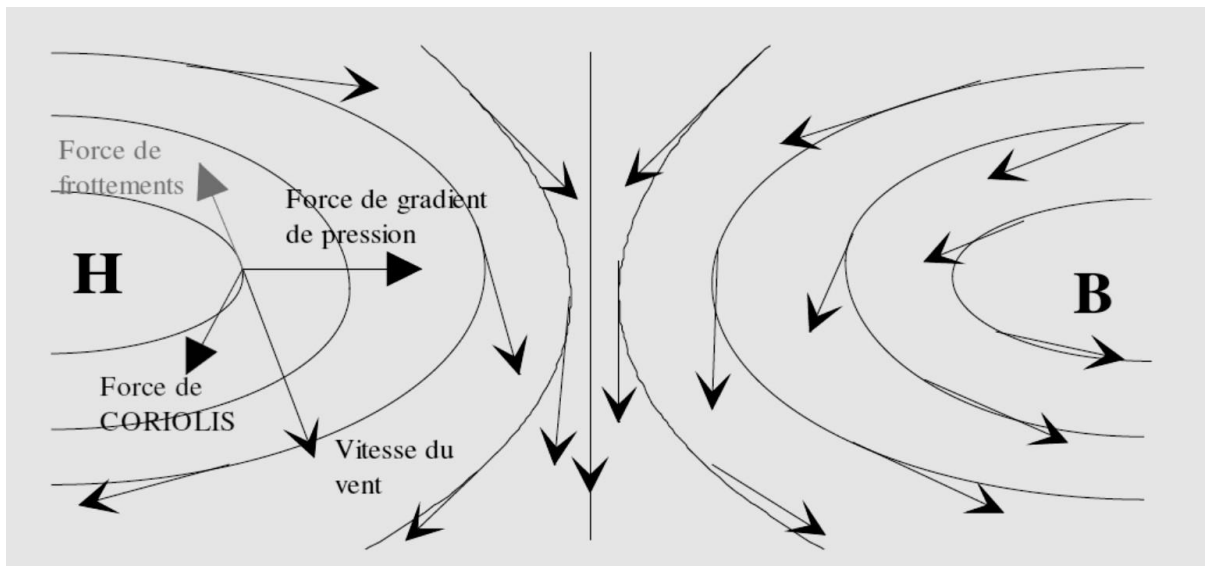
3.1.2 A força de CORIOLIS

Qualquer objeto em movimento no Hemisfério Norte é desviado para a direita. (Ocorre o contrário no Hemisfério Sul.) As partículas de ar não são exceção. À medida que se desloca de alta para baixa pressão, o ar é desviado para a direita no Hemisfério Norte e para a esquerda no Hemisfério Sul.

3.1.3 Forças de atrito

À medida que o ar se move, entra em atrito com outras partículas de ar e com o solo. Isto cria forças que se opõem ao seu movimento. Não o desviam, mas abrandam-no.

A ação destas três forças tem como efeito estabilizar a direção do vento:

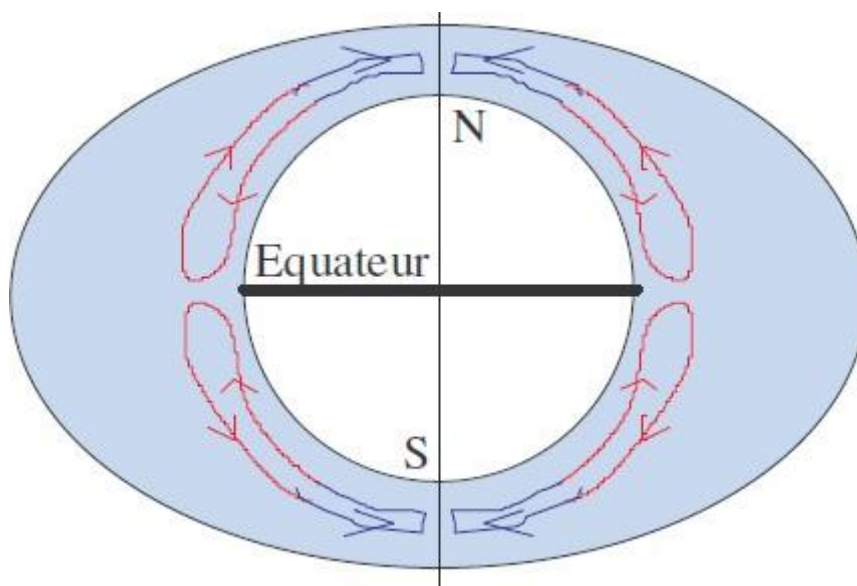


O vento estabiliza numa direção tangente às isóbaras. Na realidade, corta-as ligeiramente para dentro em depressões e para fora em anticiclones.

No Hemisfério Norte, gira no sentido dos ponteiros do relógio em torno dos anticiclones e no sentido contrário às depressões.

No hemisfério sul ocorre o oposto.

3.1.4 Grandes sistemas eólicos



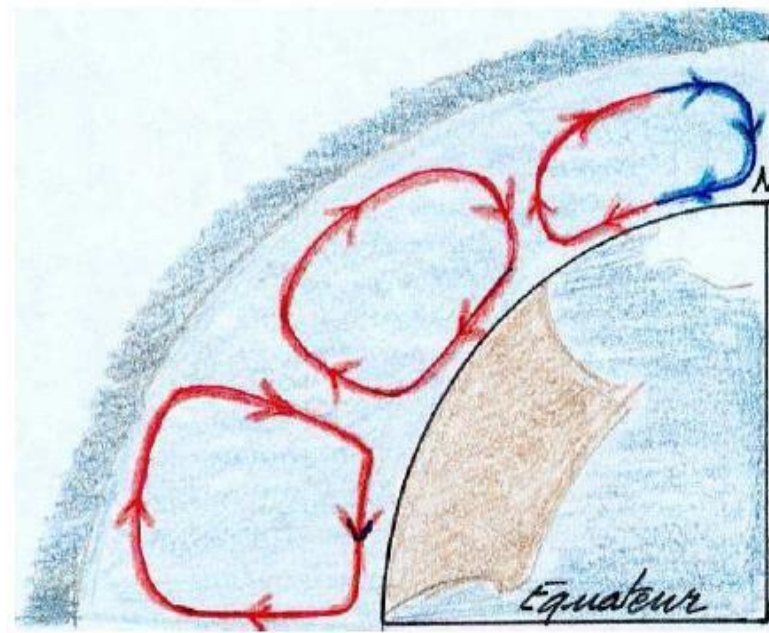
Vimos que os pontos do equador são mais aquecidos do que os pontos dos pólos. Isto resulta em diferenças de temperatura e pressão entre o ar equatorial e o polar.

O ar equatorial aquece e sobe, empurrado pelo ar mais frio. À medida que sobe, arrefece e desce de volta aos pólos. Isto resulta numa circulação à escala planetária entre o ar polar e o ar equatorial. O ar em movimento forma o

que se chama

uma célula convectiva. Embora esta visão das coisas não esteja totalmente errada, é demasiado simplista e precisa de ser clarificada. Vamos examinar o que acontece à escala de um quarto de um planeta no esquema ao lado. O ar equatorial não atinge o pólo. Ele arrefece antes e desce.

Da mesma forma, o ar polar não atinge o equador. Aquece ao longo do caminho e sobe mais cedo. Formam-se, assim, duas células convectivas: uma de ar equatorial e outra de ar polar. Na prática, existe um terço de ar temperado entre as duas. Este modelo de circulação atmosférica geral reflete com bastante precisão o que está a acontecer à escala global. As células convectivas assim representadas são designadas por células de HADLEY.



Tendo em conta a força do CORIOLIS, podemos deduzir os ventos dominantes no solo a nível planetário e as zonas mais anticiclónicas ou de depressão:

- nos pólos os ventos dominantes sopram de Leste
- nas zonas temperadas os ventos dominantes são de Oeste
- na zona equatorial, os ventos alísios sopram de Leste
- os pólos estão sob a influência de pressões elevadas enquanto que

um cinturão de as depressões estabelecem-se a cerca de 30° de latitude e uma cintura de anticlones a cerca de 60° de latitude.

Estas conclusões são válidas em ambos os hemisférios.

Há também um vento muito forte de altitude: a corrente de jato. Este vento sopra de oeste para leste, numa faixa com centenas de quilómetros de largura e a uma altitude de cerca de 10.000 m.

A sua velocidade atinge frequentemente os 200 a 300 km/h. Os pilotos de avião têm isto em consideração para aproveitar a sua velocidade se estiverem a viajar de oeste para leste ou, pelo contrário, para a evitar se a sua rota for no sentido oposto.

3.1.5 Ventos locais

Em algumas regiões, o relevo tem uma influência significativa nos ventos, quer porque canaliza o vento, quer porque gera brisas de encosta ou de vale. Da mesma forma, ao longo da costa, as variações de temperatura diurnas e noturnas provocam brisas terrestres ou marítimas.

3.1.5.1 Ventos de vale de grande escala

A presença de relevo pode canalizar o vento e forçá-lo para os vales. Em França, existem dois casos de ventos fortes canalizados pelo relevo a longas distâncias:

- no Vale do Ródano: quando o vento sopra no Vale do Ródano em vindo do Norte, é acelerado pelo efeito Venturi. Isto resulta num vento norte-sul forte e turbulento que sopra até à Camargue e que é chamadoo mistral.

- entre os Pirenéus e o Maciço Central, o vento é canalizado de Toulouse para Carcassonne.

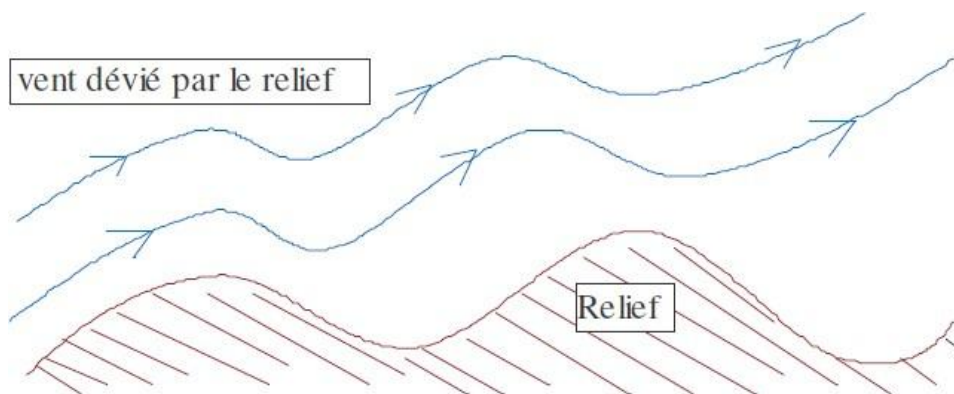
Quando o mistral sopra no Vale do Ródano, o vento sopra nesta região de oeste para leste (de Toulouse a Carcassonne). É chamadoo tramontano. Por vezes, o vento vem do Mediterrâneo e sopra de leste para oeste (de Carcassonne a Toulouse). É então chamadoo vento Autan.

3.1.5.2 A onda

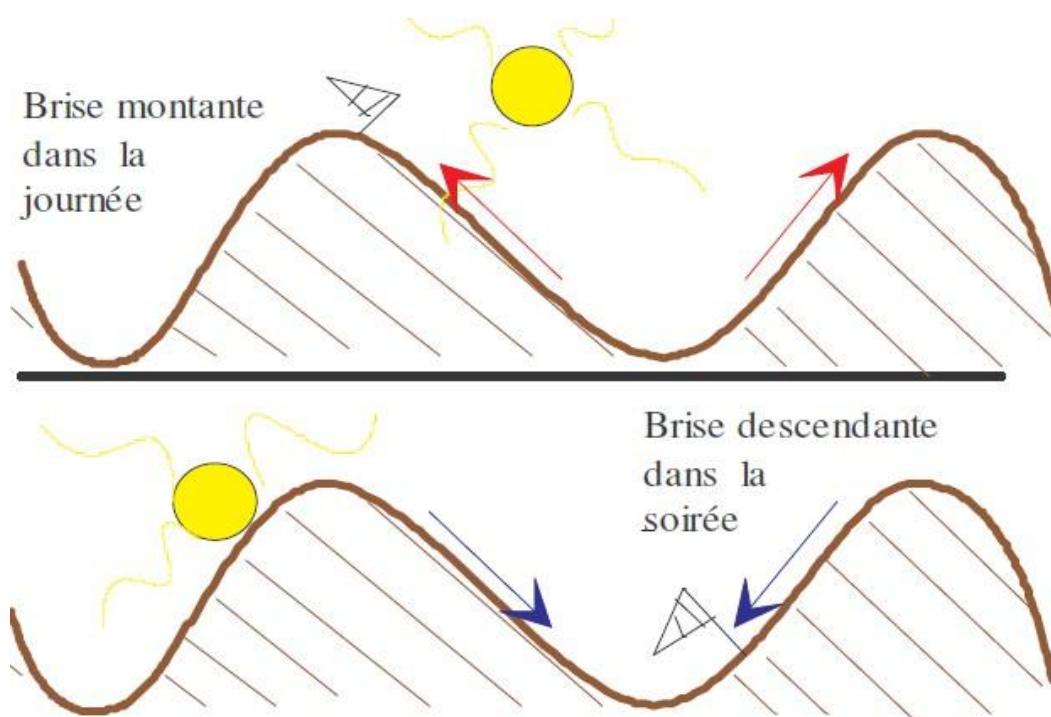
Quando o vento atinge um relevo perpendicular à sua lateral, é desviado para cima por este.

Se vários relevos alinhados na mesma direção (perpendicular ao vento) forem Regularmente espaçados, o vento "rebate" nos relevos sucessivos, dando origem a correntes ascendentes que podem atingir altitudes muito elevadas. Os

pilotos de planadores procuram este tipo de regime de vento, que lhes permite atingir altitudes muito elevadas. No sopé dos Alpes, a onda é bastante comum. Por outro lado, é necessário conquistá-la, pois antes de atingir este vento laminar, é necessário atravessar a turbulência a montante do relevo. Só os bons pilotos se podem dar ao luxo de explorá-la.



3.1.5.3 Brisas de encosta

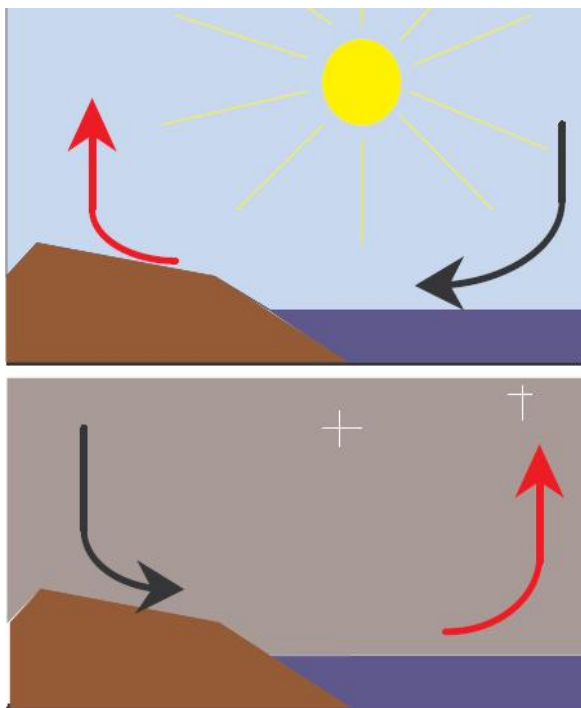


Nas montanhas, quando o sol da manhã aquece o fundo dos vales, a temperatura sobe mais rapidamente do que a dos picos. Isto cria correntes ascendentes ao longo das encostas.

O vento sopra do vale em direção aos picos. Começa a ganhar força por volta do meio da manhã e intensifica-se até ao início da tarde. Em seguida, enfraquece e diminui ao final da tarde. À medida que o sol desaparece por detrás das colinas circundantes, as encostas sombreadas arrefecem e a brisa torna-se descendente. A brisa ascendente

estabelece-se mais rapidamente nas encostas expostas ao sol desde a manhã e a brisa descendente instala-se mais rapidamente nas encostas à sombra ao início da tarde.

3.1.5.4 Brisas do litoral



Em dias ensolarados à beira-mar, ocorre um fenómeno comparável às brisas de encosta, à brisa marítima e à brisa terrestre. Durante o dia, o solo capta melhor a radiação solar do que o mar. Portanto, aquece mais e mais rapidamente do que a água. O ar em contacto com ele aquece e sobe. Em seguida, é substituído por ar mais frio vindo do mar. Assim, estabelece-se um vento que sopra do mar em direção à terra. É chamado de brisa do mar. Instala-se pela manhã e intensifica-se à medida que o solo aquece. Quando o sol se põe, o vento enfraquece.

Quando o sol se põe, o mar liberta a sua energia muito lentamente, enquanto o solo arrefece muito rapidamente. O ar acima do mar fica então mais quente do que o ar acima do solo. Os movimentos de convecção são invertidos e a brisa sopra da terra para o mar. É

chamado de brisa terrestre. É mais perigoso do que a brisa marítima porque tende a empurrar

os barcos ou as aeronaves para longe da costa e é preciso lutar contra o vento para

voltar.

3.1.5.5 Conhecimento do vento na aeronáutica

Para os pilotos de aeronaves, o vento é muito importante. Se for demasiado forte ou demasiado turbulento,

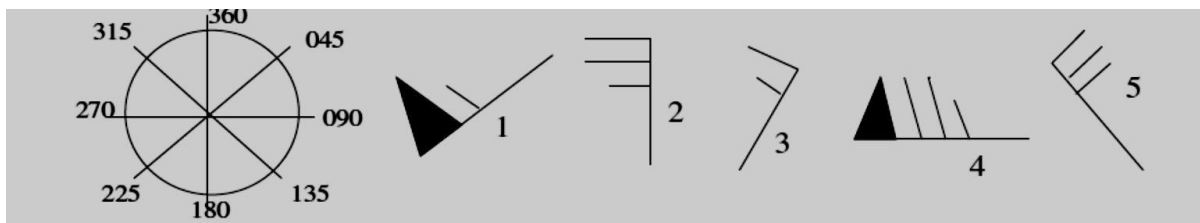
É perigoso durante o táxi entre a pista e a zona de estacionamento ou durante a aterragem e a descolagem. No ar, um vento demasiado turbulento pode provocar a perda de controlo da aeronave ou uma resistência estrutural excessiva. Por outro lado, durante a navegação, induz uma deriva que pode levar o piloto a perder-se se não for tida em conta, ou um consumo excessivo que não deve ser descurado em troços com vento de proa. Por isso, é essencial informar-se sobre o vento antes de qualquer voo.

Os Serviços Meteorológicos de Aviação fornecem as seguintes informações sobre o vento:

- a direção de onde vem
- velocidade do vento nos nós ($1 \text{ kt} = 1 \text{ nó} = 1 \text{ Nm/h} = 1,852 \text{ km/h}$)
- se necessário, a velocidade das rajadas

Nas cartas aeronáuticas, é representado por uma bandeira cuja extremidade livre do mastro indica a direção do vento. A flâmula é constituída por triângulos sólidos para ventos de 50 nós, barras longas para 10 nós e meias barras para 5 nós.

Os exemplos abaixo representam ventos explicados abaixo do esquema.



1: um vento de 230 para 55 kt 2: um vento de 360 para 25 kt 3: um vento de 035 para 15 kt 4: um vento de 270 para 75 kt 5: um vento de 315 para 30 kt

4 HUMIDADE DO AR

O ar atmosférico contém vapor de água. Este provém da evaporação acima dos mares, lagos, solos húmidos ou é produzido pela atividade humana.

4.1 HUMIDADE RELATIVA DO AR

A quantidade de vapor de água que pode ser contida no ar depende das condições de temperatura e pressão do ar. Quanto maior for a temperatura do ar, maior será a quantidade de água que pode ser dissolvida.

A humidade relativa é a relação entre a massa de água dissolvida no ar e a massa máxima de água que pode ser dissolvida no mesmo.

Quando a humidade relativa atinge os 100%, diz-se que há saturação, ou seja, que o ar está saturado de vapor de água. Nesse caso, podem formar-se nuvens ou nevoeiro, dependendo das condições. A humidade relativa permite, portanto, aos meteorologistas prever a formação de nuvens e até o tipo de nuvens e o risco de precipitação.

A humidade relativa é medida com um higrómetro ou psicrómetro. Geralmente é denominada UR.

4.2 SATURAÇÃO DO AR HÚMIDO

Para a mesma quantidade de vapor de água dissolvido, a humidade relativa depende da temperatura.

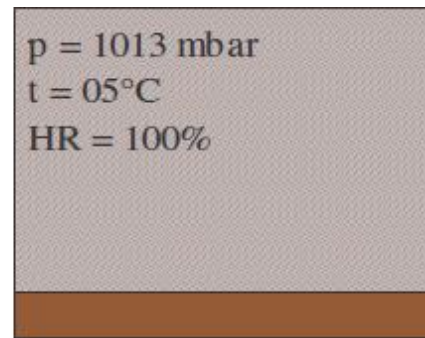
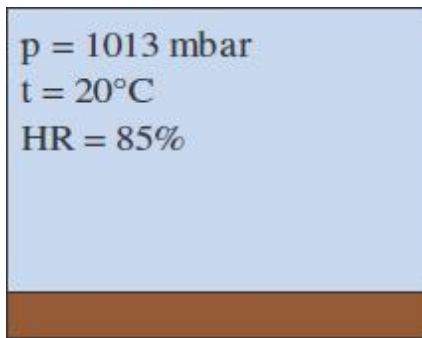
Quanto mais frio, maior. Uma massa de ar pode atingir a saturação de duas formas distintas:

- por um aumento da massa de vapor de água dissolvido se passar acima de áreas marítimas ou solos encharcados.

- baixando a temperatura o que aumenta a humidade relativa até aos 100%. De facto, a temperaturas mais baixas a quantidade de água que pode ser dissolvida no ar é menor.

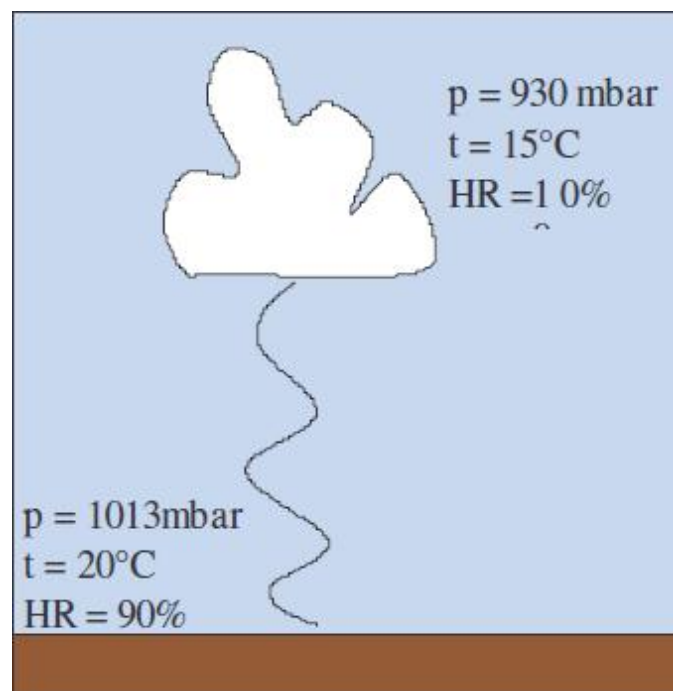
Para este último modo definimos duas temperaturas às quais a saturação pode ser atingida:

- temperatura do ponto de orvalho: corresponde à temperatura a que atingimos saturação se a pressão se mantiver constante durante o arrefecimento. Este fenómeno pode ocorrer durante o arrefecimento noturno ou de manhã cedo e causa orvalho ou nevoeiro. O perigo do nevoeiro na aviação torna os pilotos particularmente sensíveis à temperatura do ponto de orvalho.

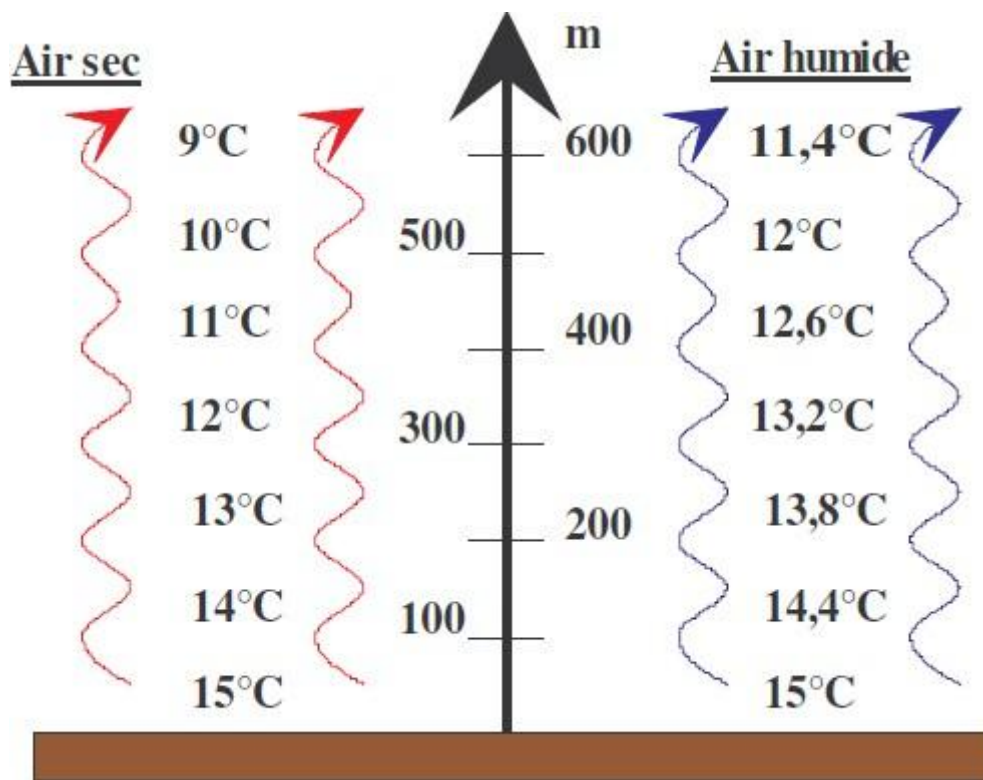


- a temperatura do ponto de orvalho corresponde à temperatura a que atinge a saturação se o arrefecimento for provocado por uma queda de pressão.

Quando uma partícula de ar húmido sobe na atmosfera, a sua pressão diminui. Isto também resulta numa diminuição da temperatura. À medida que sobe, o ar sofre uma expansão adiabática (sem troca de calor). Se o ar não estiver saturado, a temperatura diminui 1°C por cada 100 m. Esta diminuição é chamada de, o gradiente adiabático no ar seco. Se a temperatura atingir o ponto de condensação, surgem gotículas de água em suspensão. Forma-se uma nuvem com base no ponto de condensação. Durante a condensação, a água liberta calor para o ar em que foi dissolvida. O gradiente de temperatura altera-se então eo gradiente no ar húmido é de $0,6^{\circ}\text{C}$ por 100 m. A humidade relativa do ar mantém-se então nos 100%. A partir do ponto de condensação, o ar separa-se do vapor de água que contém ao longo da sua ascensão.



4.2.1 Estabilidade de uma massa de ar



Quando uma partícula de ar húmido aquece em contacto com o solo, a sua densidade diminui e sobe. Em seguida, sofre expansão adiabática e arrefece.

- se a sua temperatura se tornar igual à do ar ambiente, a sua densidade também e interrompe a sua ascensão.

- se a sua temperatura se tornar inferior à do ar ambiente, a sua densidade torna-se mais elevada que a do ar ambiente e volta a descer.

Dizemos então que a atmosfera é estável.

Quando a atmosfera está estável, os movimentos de convecção permanecem muito modestos em magnitude.

O ar é calmo e não há formação de nuvens a médias e altas altitudes.

Certas camadas da atmosfera são favoráveis à estabilidade:

- camadas isotérmicas: São camadas de ar em que a temperatura mantém-se constante ao subir. Estamos na presença de uma *isotérmico*.

- As camadas de inversão: São camadas de ar em que a temperatura aumenta à medida que subimos. Estamos na presença de uma *inversão de temperatura*.

Quando o ar aquecido pelo contacto com o solo encontra estas camadas durante a sua ascensão, rapidamente se torna mais frio que o ar ambiente e a sua ascensão é interrompida. Diz-se que há uma estabilidade absoluta.

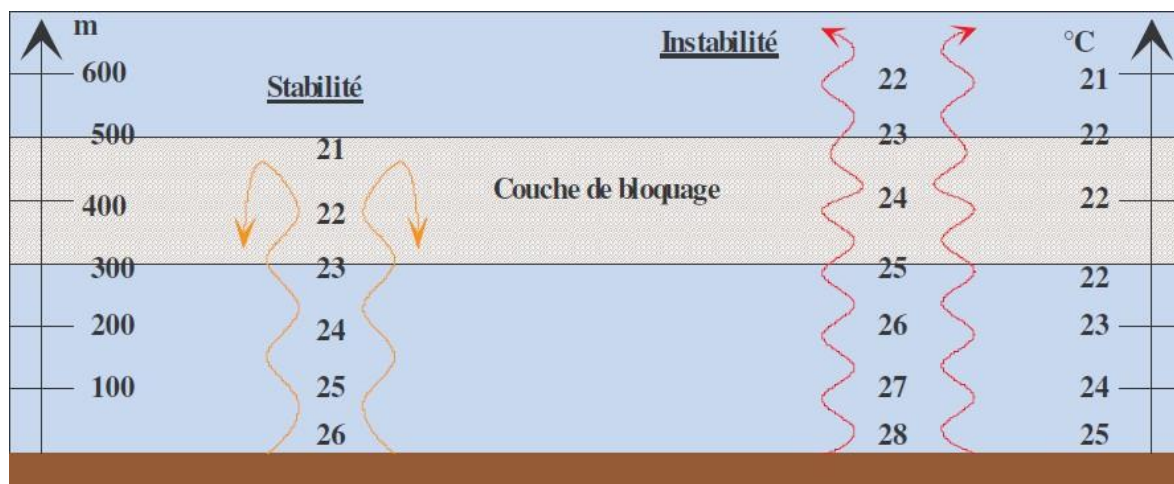
4.2.2 Instabilidade de uma massa de ar

Quando uma partícula de ar húmido aquece em contacto com o solo, a sua densidade diminui e sobe. Em seguida, sofre expansão adiabática e arrefece. Se a sua temperatura se mantiver mais elevada do que a do ar ambiente, a sua densidade manter-se-á mais baixa do que a do ar ambiente e continuará a subir.

Dizemos então que a atmosfera é instável.

Se o gradiente de temperatura da atmosfera for igual ao do ar seco, a bolha que aqueceu no solo começa com uma temperatura superior à do ar ambiente e arrefece com o mesmo gradiente ($1\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$). A sua temperatura mantém-se, portanto, superior à da atmosfera e a ascensão continua. Ao atingir o seu nível de condensação, a bolha dará origem a uma nuvem. O seu gradiente tornar-se-á menor que o da atmosfera ($0,6\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) e a ascensão continuará ainda mais. Formam-se então nuvens com um desenvolvimento vertical muito grande: cúmulos congestos e cúmulos-nimbos (nuvens de tempestade). Dizemos que há instabilidade absoluta.

Se, durante a sua ascensão, as bolhas térmicas encontrarem uma isotérmica ou inversão de temperatura numa camada fina, as bolhas que começaram com as temperaturas mais elevadas conseguirão atravessar essa camada e continuar a sua ascensão. Por outro lado, as que se desprenderam do solo com uma pequena diferença de temperatura serão interrompidas pela isotérmica ou inversão. Dizemos que há instabilidade seletiva.



5 MASSAS DE AR

5.1 CONCEITO DE MASSA DE AR EM METEOROLOGIA

Uma massa de ar, em meteorologia, é um grande volume (algumas dezenas ou centenas de milhares de km³) de ar na troposfera cuja temperatura e humidade são praticamente uniformes num plano horizontal.

No interior de uma massa de ar, existem superfícies horizontais de várias centenas de km² nas quais a temperatura e a humidade são relativamente constantes. Estas massas de ar movem-se na atmosfera deslizando umas sobre as outras sem se misturarem.

Durante o seu movimento, as suas características (temperatura e humidade) alteram-se consoante as superfícies sobre as quais passam (oceanos, solos húmidos, desertos, etc.). O encontro de duas massas com características muito diferentes influencia significativamente a meteorologia na região de contacto.

As características das massas de ar dependem inicialmente do seu movimento e da área sobre a qual se formaram.

5.2 OS DIFERENTES TIPOS DE MASSAS DE AR

Para classificar as massas de ar, são utilizados dois critérios.

- a sua humidade:

Se se formarem sobre os oceanos, serão muito húmidos. São então chamados marítimo. Já se se formarem em regiões desérticas, não serão muito húmidas. São então chamadas continental.

- a sua temperatura:

Para os que se formam em regiões de elevada latitude, o ar que os constitui é frio, enquanto que para as que se formam em latitudes próximas do equador, o ar é quente. Existem três tipos: massas de ar Polar, Ártico ou Tropical.

Existem, portanto, 6 tipos de massas de ar no total, cujas principais características são

apresentadas na tabela abaixo:

Type de masse d'air	Caractéristiques	Saison
continentale Polaire cP	Air sec et stable	Été : au fur et à mesure de son déplacement cette masse d'air s'humidifie au contact des sols survolés et devient instable. Des orages peuvent s'y développer. Hiver : l'air reste très froid et très sec. La visibilité est excellente et il n'y a pas de précipitations.
continentale Arctique cA	Air très froid et très sec	Été : elles ne se développent pas en été Hiver : l'air reste très froid et très sec.
continentale Tropicale cT	Air chaud, sec et instable (mais peu de formations nuageuses)	Été : l'air est chaud et sec. Il n'y a pas de précipitations mais la visibilité n'excède pas 7 à 8 Km. Hiver : mêmes caractéristiques.
maritime Polaire mP	Air initialement froid se réchauffant et s'humidifiant au cours de sa descente vers le sud. Instable et nuageux apportant une pluie froide.	Été : Le temps est pluvieux, des orages et des averses peuvent s'y développer. Hors précipitations la visibilité est bonne. Hiver : Le temps est froid et des averses de neige y sont fréquentes. Hors précipitations la visibilité est bonne.
maritime Arctique mA	Air froid se réchauffant et s'humidifiant beaucoup au cours de son déplacement. Apporte humidité et instabilité.	Été : temps froid avec de nombreuses averses. Grande instabilité et beaucoup de nuages instables dans la journée. Hiver : temps très froid avec de nombreuses averses de neige. Présence de nombreux nuages bas.
maritime Tropicale mT	Air très chaud et très humide. Il apporte de nombreuses précipitations (orages et averse), du brouillard ou de la brume sèche.	Été : Le temps est chaud et humide : très pluvieux. La visibilité est médiocre. Hiver : Le temps est chaud et humide. Il se forme des brouillards et des nuages bas. La visibilité est médiocre.

6 AS NUVENS

6.1 ALGUMAS INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE AS NUVENS

As nuvens são formadas pela condensação de parte do vapor de água que contêm durante o arrefecimento sofrido pelo ar húmido durante a expansão adiabática à medida que este sobe (ver 4.2). A condensação pode ocorrer sob a forma de pequenas gotículas de água ou pequenos cristais de gelo. A presença de impurezas que actuam como núcleos de condensação facilita a

formação de nuvens (pó, pólen, sal marinho, etc.).

Dentro da nuvem, as gotículas de água ou os cristais de gelo podem vaporizar e recondensar dependendo dos seus movimentos dentro da massa da nuvem e das mudanças de temperatura e pressão.

O aparecimento de nuvens depende de três critérios principais:

- luz solar
- a estabilidade da atmosfera (desenvolvimento vertical mais ou menos significativo)
- a natureza dos seus constituintes (gotículas de água ou cristais de gelo) e a sua densidade. Isto depende do tipo de massa de ar em que se formam e da altitude a que se formam.

6.2 NUVENS E PRECIPITAÇÃO

Nem todas as nuvens são capazes de produzir precipitação. Apenas algumas o fazem (principalmente nuvens stratus, nimbostratus, cúmulos e cúmulos-nimbos).

Quando as correntes ascendentes trazem vapor de água para o núcleo destas nuvens já saturadas, as gotículas de água ou os cristais de gelo fundem-se para formar meteoros (partículas suspensas no ar) demasiado grandes para serem retidas na nuvem pelas correntes ascendentes. Estes meteoros caem então em direção ao solo.

Ao produzir chuva ou neve, a nuvem não se esvazia (exceto as nuvens cumulonimbus). É o fornecimento contínuo de vapor por correntes ascendentes que alimenta a nuvem. No seu ar já saturado, condensa-se e aumenta o tamanho dos meteoros.

Dependendo das nuvens e da época do ano, a precipitação pode ser de diferentes tipos:

- chuvisco (stratus)
- chuva ou neve contínua (nimbostratus)
- aguaceiros ou neve (grandes nuvens cúmulos e cúmulos-nimbos)

6.3 CLASSIFICAÇÃO DA NUVEM

6.3.1 Critérios de classificação

Existem muitos critérios para classificar as nuvens. As classificações mais precisas incluem um número impressionante de critérios. Vamos limitar-nos aos princípios básicos que dividem as nuvens em 10 géneros, divididos de acordo com o seu aspeto geral e altitude

A troposfera está dividida em três níveis:

- o piso inferior: do solo até aos 2000 m
- o nível médio: de 2000 a 6000 m
- o nível superior: acima dos 6000 m

As nuvens de nível superior são feitas de cristais de gelo.

As nuvens de nível médio são geralmente compostas por gotículas de água. No entanto, podem ser encontrados cristais de gelo nelas se a temperatura for demasiado baixa.

As nuvens de nível mais baixo são formadas por gotículas de água.

Existem nuvens com grande desenvolvimento vertical que se estendem por todos os três níveis. A sua composição pode variar dependendo da parte da nuvem.

A tabela abaixo lista os 10 tipos de nuvens e os níveis em que se encontram:

Etage supérieur	Cirrus Cirrostratus Cirrocumulus
Etage moyen	Altostratus Alto cumulus
Etage inférieur	Stratus Stratocumulus
Sur les trois étages	Nimbostratus (coeur dans l'étage moyen) Cumulus Cumulonimbus

Percebido :

As nuvens com grande desenvolvimento vertical nem sempre se estendem por todos os três níveis. Por exemplo, as nuvens cúmulos têm sempre origem no nível inferior, mas nem sempre se estendem para além desse nível da troposfera. No entanto, desenvolvem-se frequentemente no nível intermédio e, se as condições de instabilidade forem suficientes, atingem o nível superior.

6.3.2 Descrição dos 10 tipos de nuvens

Para o ajudar a reconhecê-los, aqui está uma breve descrição dos

diferentes géneros de nuvens, com um exemplo. Como existem muitas espécies e variedades dentro dos géneros, os exemplos poderiam ser multiplicados. Os apresentados são bastante representativos do género.

6.3.2.1 Cúmulo (Cu)

Nuvens cúmulos são nuvens em formação. A sua base é plana e escura, enquanto a sua parte superior, muito branca, se assemelha a uma couve-flor. Estão bem destacadas umas das outras e podem aparecer isoladas ou num banco, particularmente na cauda de uma perturbação. A sua base localiza-se sempre no espaço inferior e a sua extensão vertical varia entre algumas dezenas de metros e vários quilómetros. As nuvens cúmulos formam-se em correntes térmicas ascendentes e a sua presença é motivo de otimismo para os pilotos de planadores.

Quando muito desenvolvidas, podem dar origem a chuvas torrenciais.



6.3.2.2 Cúmulo-nimbo (Cb)

O estágio final do desenvolvimento de uma nuvem cúmulo-nimbo que transbordou para o nível superior num estado de grande instabilidade, o cúmulo-nimbo é uma nuvem de extensão vertical muito grande. A sua base também ocupa um grande espaço. É muito escuro devido à densidade da nuvem e à sua altura. As nuvens cúmulos-nimbos têm, geralmente, uma parte superior em forma de bigorna. Dão origem a tempestades e chuvas violentas. Quando a nuvem atinge o estágio de precipitação, ao contrário das outras, esvazia-se. O

sistema está tão desenvolvido que não se consegue regenerar. Na fase final de uma tempestade, o cúmulo- nimbo desintegra-se. Por vezes, é possível observar a cabeça da bigorna de um cúmulo-nimbo desintegrado a mover-se sozinha no nível superior depois de ter sido separada do corpo da nuvem. A sua travessia é particularmente perigosa para as aeronaves devido à turbulência muito violenta aí encontrada e aos grandes meteoros que

existem na parte superior. As nuvens cumulonimbus podem ocorrer isoladamente (tardes de verão) ou em linhas de instabilidade nas frentes frias de perturbações de inverno.



6.3.2.3 Nimbostratus (Ns)

As nuvens nimbostratus são grandes nuvens verticais e horizontais. A sua base é uniformemente escura e são tão vastas que podem ocultar nuvens cumulonimbus. São, de facto, o centro das perturbações. Sob estas nuvens, a chuva costuma ser abundante e contínua.



6.3.2.4 Stratus (St)

As nuvens stratus são nuvens baixas, cinzentas, que aparecem em bancos mais ou menos compactos e espessos. A sua base pode estar muito próxima do solo (30 m) e o seu cume não ultrapassa os 300 m de altitude. Podem acompanhar uma perturbação ou resultar da evolução de nevoeiro em condições anticiclónicas. São perigosas para a aeronáutica devido à sua proximidade com o solo.



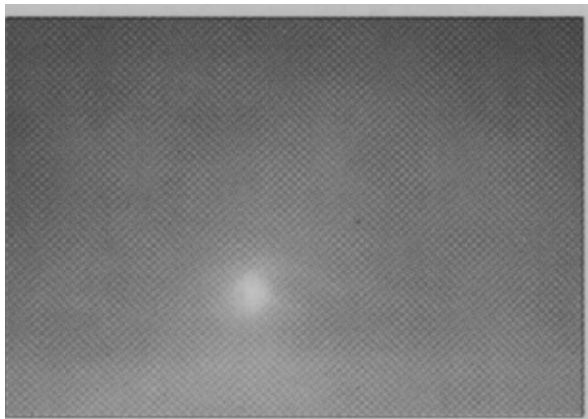
6.3.2.5 Estrato-cúmulos (Sc)

São nuvens que se apresentam como bancos cinzentos e ondulantes. Juntam-se frequentemente e formam uma camada uniforme. Raramente produzem precipitação.



6.3.2.6 Altostratus (As)

O Altostratus surge como uma camada acinzentada ou azulada da qual a aparência pode ser estriada ou uniforme. Dependendo da espessura, o sol pode ou não ser visível através da camada.



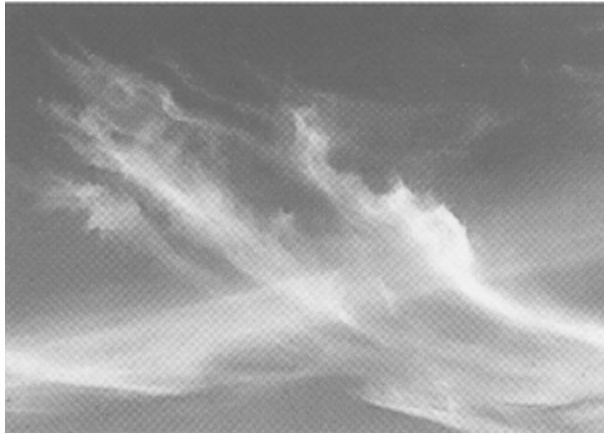
6.3.2.7 Altocúmulos (Ac)

As nuvens altocúmulos aparecem num banco ou manto mais ou menos uniforme, consoante estejam unidas ou não. São bastante semelhantes às nuvens estratocúmulos, mas a sua base é mais elevada.



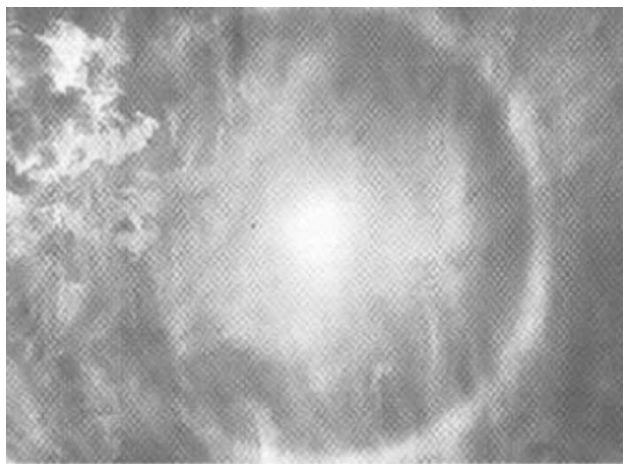
6.3.2.8 Nuvens cirros (Ci)

Os cirros são nuvens muito altas (6.000 a 12.000 m), formadas por cristais de gelo e com o aspeto de cabelos finos. Aparecem isoladas ou em faixas estreitas, e a sua baixa espessura não prejudica o brilho.



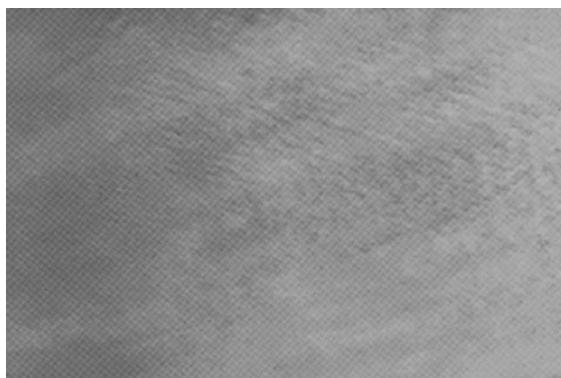
6.3.2.9 Cirrostratus (Cs)

Ao contrário das nuvens cirros, as nuvens cirrostratus surgem como um véu muito extenso (podem cobrir todo o céu visível). Têm geralmente uma cor esbranquiçada e o Sol é frequentemente envolvido por um halo através desta camada.



6.3.2.10 Cirrocúmulos (Cc)

Apresentam-se como uma fina camada composta por pequenos elementos granulares que podem ou não estar soldados. São de cor branca e permanecem na base do nível superior (cerca de 6.000 a 7.000 m).



Nem sempre é fácil reconhecer os diferentes tipos de nuvens simplesmente observando-as. A distinção entre altos e cirros está longe de ser óbvia. As sondagens verticais realizadas por lançamentos de balões permitem estabelecer um mapa das nuvens encontradas em sistemas densos de nuvens perturbadas. Esta informação é valiosa para os pilotos, que podem então tomar as precauções necessárias para evitar tempestades ou o risco de formação de gelo em camadas onde é impossível distinguir os tipos de nuvens presentes. As cartas meteorológicas fornecidas às tripulações para preparação de voo incluem-nas. Existem códigos para as representar de acordo com os géneros, espécies e variedades.

Como veremos no parágrafo seguinte, certos tipos de nuvens estão frequentemente associados à passagem de perturbações e são característicos da frente quente, do corpo da perturbação, da frente fria ou da cauda.

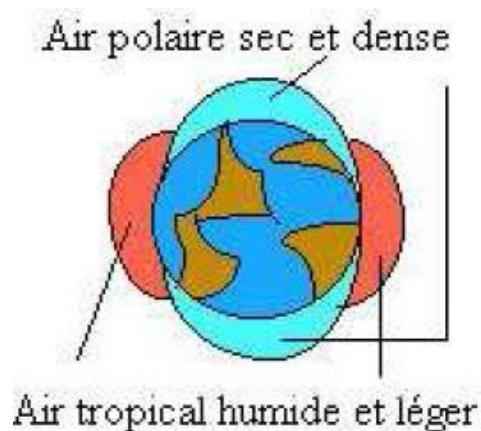
A cobertura de nuvens é medida em octats (oitavos do céu). Para uma cobertura de 1 a 4 octats, a cobertura é designada porespalhado(espalhados em

inglês); para uma cobertura de 5 a 7 octats diz-se que o céu quebrado (presença de “buracos” de céu azul); para uma cobertura de 8 octats, o céu é descrito como nublado (abordado).

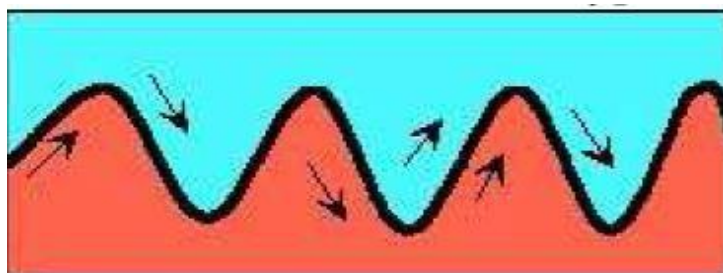
7 PERTURBAÇÕES E AS SUAS FRENTES

7.1 FORMAÇÃO DE PERTURBAÇÕES E DIFERENTES TIPOS DE FRENTES

De uma forma simples, mas relativamente correcta, podemos considerar que a atmosfera contém dois tipos de massas de ar muito diferentes do ponto de vista da temperatura e da densidade: massas de ar polares (secas e muito densas) e massas de ar tropicais (húmidas e pouco densas).

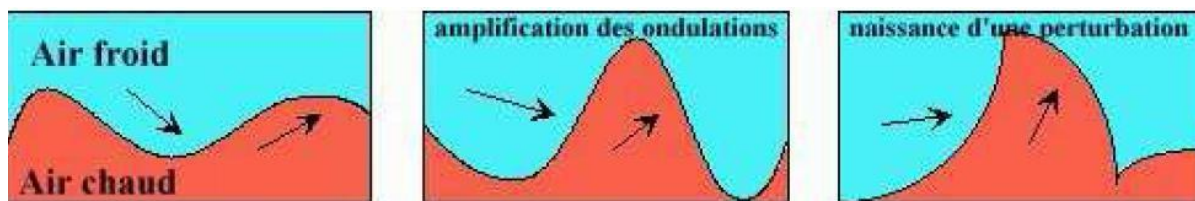


A zona de contacto entre os dois tipos localiza-se nas latitudes médias (nas nossas regiões do hemisfério norte).



Estas massas de ar são de natureza muito diferente para se misturarem: simplesmente deslizam umas sobre as outras. Os movimentos de convecção à escala da atmosfera provocam atrito entre elas nas regiões de contacto. Isto resulta em oscilações de magnitude variável dependendo da estação do ano e do dia. Por vezes, uma onda faz com que uma massa de ar tropical avance

dentro do ar polar. Isto cria uma depressão no ar tropical rodeado pelo ar polar. Impulsionados pelos ventos dominantes (oeste no nosso caso), a perturbação assim criado se moverá.



A massa de ar tropical assim introduzida no ar polar é delimitada por duas zonas de contacto entre o ar tropical e o ar polar. Estas áreas são chamadas de frentes. A que está à frente da perturbação é designada por frente quente e a que está atrás desta é designada por frente fria.. Por vezes, as duas frentes encontram-se. Dizemos então que há uma oclusão.

7.1.1 A frente quente

A frente quente é a superfície de separação entre uma massa de ar frio e uma massa de ar quente que a empurra para trás.

Há, portanto, uma frente quente à chegada de uma perturbação: o ar tropical empurra para trás o ar polar que o precede. Como o ar quente é menos denso do que o ar frio que empurra para trás, tende a subir acima dele. A frente inclina-se, portanto, para a frente na direção do movimento da perturbação.

O topo da frente pode estar várias centenas de quilómetros à frente do seu traço no solo (por vezes, 500 a 600 km mais).



Nos mapas meteorológicos, é representado por uma linha na qual os semi-discos são desenhados na direção da progressão da frente. Se o mapa for colorido, a linha e os semi-discos são vermelhos.

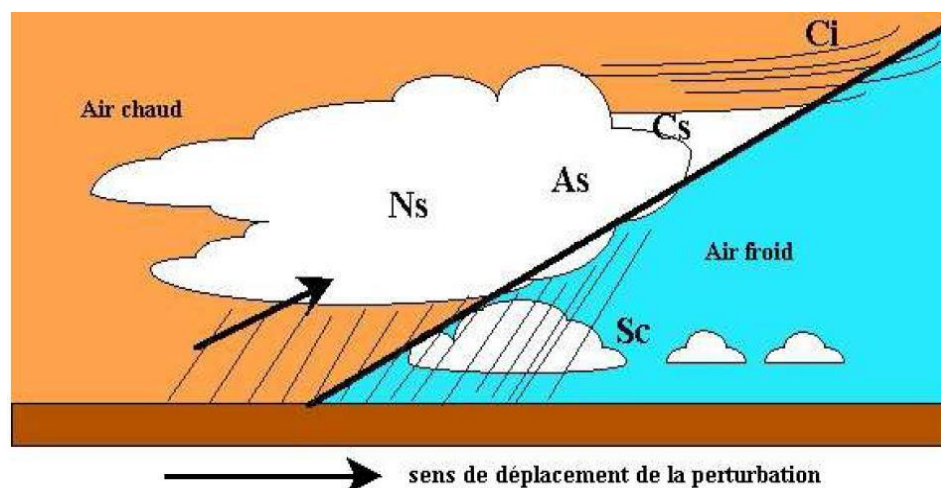
A chegada da frente quente é assinalada pelo aparecimento, em altitude, de um véu de nuvens cirros que precede o corpo da perturbação em várias horas. À medida que a frente avança, surgem nuvens cirrostratus e, de

seguida, altocumulus. O céu fica nublado e a convecção é interrompida.

As nuvens altostratus e nimbostratus enchem o céu, trazendo precipitação se a frente estiver ativa. As nuvens estratocúmulos podem preencher as nuvens do corpo por baixo.

Quando o trilho terrestre passa, a parte mais ativa já passou e a chuva abranda.

O esquema abaixo resume a chegada de uma frente quente:



Atrás da frente quente, no ar tropical, o clima é relativamente calmo, com cobertura de nuvens composta principalmente por nuvens baixas (estratos e estratocúmulos) e cúmulos, por vezes provocando chuvas locais.

A tabela abaixo resume a evolução dos parâmetros climáticos quando uma frente quente passa :

	FRONT CHAUD		
Paramètre	Avant	Pendant	Après
Vent	Sud ou sud-ouest forcissant	Sud-ouest stable ou forcissant	Direction changeant un peu. Reste fort
Température	En augmentation	En augmentation	Stationnaire
Pression	Baisse rapide	Stationnaire	Baisse possible
Nébulosité	Ci, Cs, As, Ns	As, Ns, Sc	St, Sc
Précipitations	Pluie continue	Pluie	Bruine, averses possibles
Visibilité	Mauvaise	En amélioration	Assez mauvaise

7.1.2 A frente fria

A frente fria é a superfície de separação entre uma massa de ar quente e uma massa de ar frio que a empurra para trás.

Portanto, existe uma frente fria no final de uma perturbação: o ar polar empurra o ar de volta ar tropical que o antecede. Como o ar quente é menos denso que o ar frio que o empurra, tende a subir acima dele.

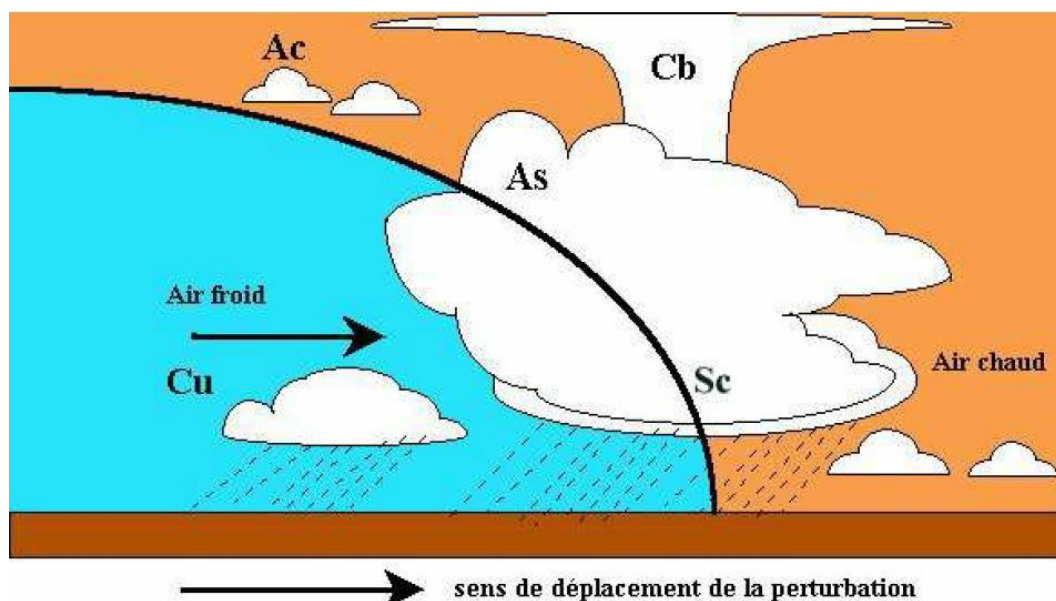
A frente é, portanto, inclinada para trás na direção do movimento da perturbação: O ar frio desliza sob o ar quente, empurrando-o para trás. A frente fria avança rapidamente e, por isso, a sua propagação horizontal é bastante limitada.



Nos mapas meteorológicos, é representado por uma linha na qual são desenhados triângulos que apontam na direção da progressão da frente. Se o mapa for colorido, a linha e os triângulos serão azuis.

A chegada da frente fria é marcada pela retoma da convecção, à medida que o ar frio eleva o ar quente. À medida que a frente avança, observamos o desenvolvimento de nuvens de nível médio e superior: cirrostratus, altocumulus, altostratus e, especialmente, cumulus congestus ou cumulonimbus, se a frente estiver muito ativa. Pode aparecer nova precipitação, por vezes com trovoadas. As nuvens estratocúmulos e os estratos completam as nuvens no nível inferior. Quando o traço no solo passa, estamos na cauda da perturbação. A cobertura de nuvens é composta principalmente por nuvens cúmulos resultantes da retoma da convecção sobre o solo húmido. A precipitação pode então cessar ou aparecer sob a forma de chuvas locais.

O esquema abaixo resume a chegada de uma frente fria:



A tabela abaixo resume a evolução dos parâmetros climáticos quando passa uma frente fria:

	FRONT	FROID
Paramètre	Pendant	Après
Vent	Passe Ouest ou Nord-Ouest en rafales	Passe au Nord en faiblissant
Température	Baisse rapide	Stationnaire ou baisse
Pression	Augmente rapidement	Augmente lentement
Nébulosité	St, Cu, Sc, Cb	Cu
Précipitations	Averses et orages	Averses
Visibilité	Assez bonne	Bonne

7.2 OCLUSÃO

A oclusão é uma área onde a frente fria se junta à frente quente.

Marca o início da desintegração da perturbação à medida que a depressão se vai enchendo

ENTÃO.

As oclusões produzem perturbações climáticas durante um período mais longo do que as frentes quentes ou frias. Existem oclusões frias (a frente fria passa por baixo da frente quente) ou oclusões quentes (a frente fria passa por cima da frente quente no seu percurso). Aparecem como mostra abaixo os mapas meteorológicos:



8 FENÓMENOS PERIGOSOS PARA AERONAVES

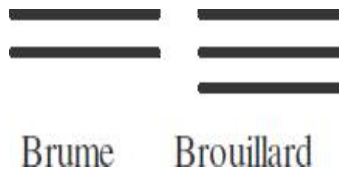
Certos fenómenos meteorológicos apresentam perigos particulares para aeronáutica.

Mesmo as aeronaves bem equipadas não conseguem voar em todas as condições. O piloto precisa de conseguir sempre ver a pista antes da aterragem. A formação de gelo continua a ser um fenómeno perigoso devido aos seus efeitos na fuselagem e nos motores. Turbulências severas podem danificar as aeronaves,...

8.1 NÉVOA E NEBLINA

A neblina e o nevoeiro são fenómenos meteorológicos semelhantes, diferindo principalmente na sua intensidade. O nevoeiro é uma suspensão de

finas gotículas de água que reduz a visibilidade para menos de 1 km. O nevoeiro, que é menos intenso, reduz a visibilidade, mas deixa-a acima de 1 km.



Estão assinaladas por duas ou três linhas horizontais nos mapas meteorológicos: As condições favoráveis à formação de nevoeiro são:

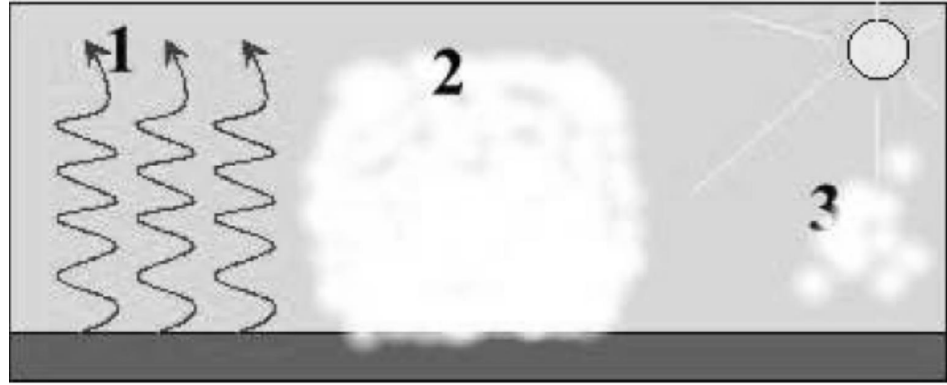
- alta pressão
- temperatura a diminuir rapidamente à noite
- humidade elevada
- pouco ou nenhum vento

8.1.1 A névoa

Pode formar-se neblina durante o dia se o tempo estiver muito quente e húmido. A evaporação satura a massa de ar. A água condensa-se em pequenas quantidades sobre grandes áreas, criando a impressão de um véu. A visibilidade é então reduzida, por vezes de forma significativa. Embora o tempo possa parecer bom visto do solo, as condições de voo não são muito favoráveis a baixas altitudes.

Existe um fenómeno chamado névoa seca, que não é composto por gotículas de água, mas sim por poeiras em suspensão. Frequentemente causado pela poluição, é claramente visível no verão, à medida que se aproxima das grandes cidades.

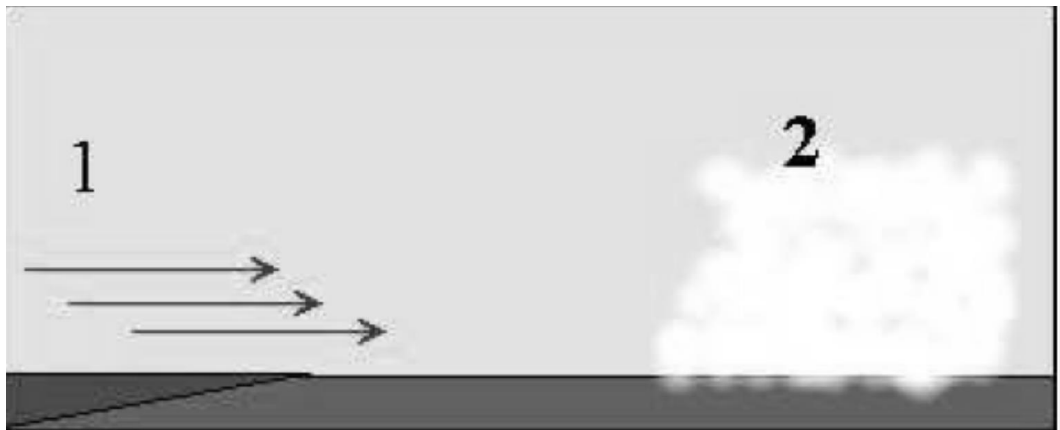
8.1.2 Névoa de radiação



Esta neblina surge à noite, quando o ar está muito húmido, não há vento e a temperatura desce rapidamente. Se o céu estiver limpo, o solo perde rapidamente o calor armazenado durante o dia por radiação (1). Isto leva a uma rápida diminuição da

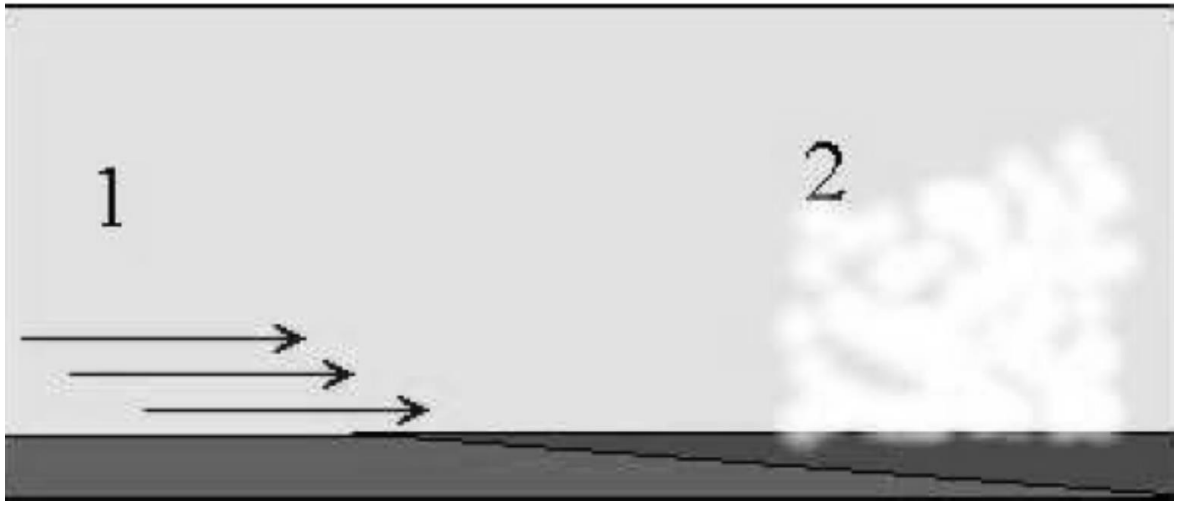
a temperatura do ar húmido. O ponto de orvalho é então atingido e as gotículas de água condensam-se, formando nevoeiro ao nível do solo (2). De manhã, o sol aquece o solo e o ar em contacto com ele aquece, por sua vez. A neblina dissipa-se (3). Se for demasiado densa (no inverno), o sol pode não ser suficiente para a dissipar. Além disso, o vento precisa de aumentar (chegada de uma perturbação). À medida que se dissipa, a neblina pode dar origem a nuvens estratos.

8.1.3 Nevoeiro de convecção



É um nevoeiro que se forma quando uma massa de ar quente e húmido é empurrada por um vento ligeiro para o solo mais frio (1). À medida que se move, o ar arrefece e acaba por atingir o seu ponto de orvalho (2). Isto causa condensação da neblina que se move com o vento. Este tipo de nevoeiro surge após a entrada de correntes marítimas no inverno ou na primavera, quando o vento sul traz massas de ar húmido para o solo mais frio a norte.

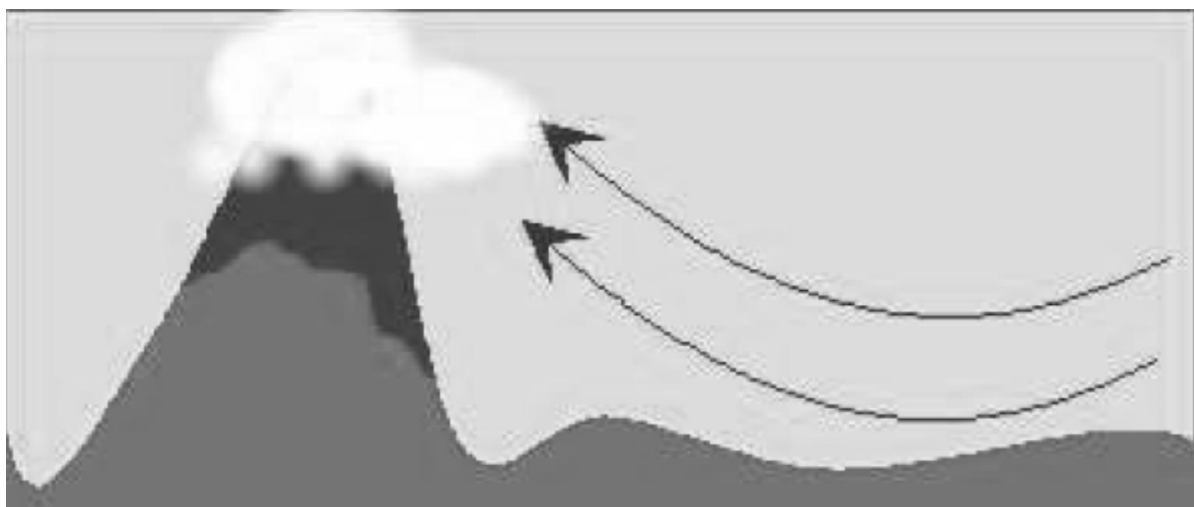
8.1.4 Névoa de evaporação



É uma neblina que se forma sobre grandes massas de água (lagos ou mares).

Um vento fraco, mas frio, sopra da terra em direção ao mar (1). Este ar frio e seco fica carregado de humidade pela evaporação da água por onde passa. De seguida, atinge a saturação (ponto de orvalho) e as gotículas de água condensam-se acima do mar (2). O mesmo mecanismo pode ocorrer acima de um lago ou de zonas pantanosas.

8.1.5 Nevoeiro de encosta



Em zonas com relevo acentuado, pode ocorrer formação de neblina ao longo das encostas, deixando o vale limpo. Isto ocorre quando um vento leve empurra o ar quente e húmido do vale contra o relevo. À medida que sobe, o ar arrefece por expansão adiabática e atinge o seu ponto de condensação. A neblina condensa-se então ao longo da encosta.

8.1.6 Os perigos do nevoeiro

O nevoeiro é um fenómeno meteorológico muito perigoso para a aviação. A visibilidade reduzida que provoca impede qualquer voo visual. É impossível para um piloto garantir a segurança no nevoeiro. O solo nem sempre é visível e os grandes obstáculos verticais só são vistos demasiado tarde para serem evitados. No caso do nevoeiro, é possível que as condições meteorológicas mínimas legais para o voo visual estejam reunidas, mas é necessária a maior cautela e é preferível estar familiarizado com a região sobrevoada para evitar

perder-se e garantir a segurança. Se o nevoeiro for muito denso, os voos por instrumentos também podem não ser possíveis. De facto, o piloto necessita de uma visibilidade mínima para garantir que o seu avião não sai da pista na descolagem. Na aterragem, a pista (ou pelo menos a sua iluminação) deve estar visível para

aterrar o avião corretamente. Além disso, se o nevoeiro estiver gelado, existem riscos adicionais associados à geada.

8.2 GEADA

8.2.1 Definição de geada



A geada é um depósito de gelo que se forma à superfície do solo ou de objetos.

Dependendo da sua espessura e das condições em que se formou, a geada pode ser transparente ou opaca.

Nas aeronaves, forma-se principalmente em partes expostas ao vento relativo (bordas de ataque, pára-brisas, etc.) e a elementos pontiagudos.

Os riscos de formação de gelo são registados nos mapas meteorológicos e avaliados de acordo com a sua intensidade (baixa, moderada ou elevada).

Condições ligeiras de formação de gelo ocorrem em nuvens estáveis e nevoeiro fino.

A formação de gelo moderada ocorre em nuvens instáveis e nevoeiro denso. A formação de gelo grave ocorre quase exclusivamente em nuvens muito instáveis e com precipitação sobre-arrefecida.

8.2.2 Formação de geada

O gelo que se pode formar numa aeronave pode ter várias origens:

- pode provir da solidificação da água presente na aeronave no solo. Quando este se subir em altitude, a água presente na célula irá congelar.

- podem formar-se depósitos de gelo nas partes frias expostas ao vento relativo por condensação sólida de vapor de água contido no ar se a célula da aeronave estiver a uma temperatura negativa.

- pode finalmente formar-se pela solidificação de gotículas de água formando nuvens.

Nestes casos, é comum encontrar gotículas de água sobre-arrefecida. Trata-se de água líquida a uma temperatura negativa. A presença de impurezas

(especialmente na fuselagem de uma aeronave) faz com que o sobre-arrefecimento cesse e surja um depósito de gelo.

8.2.3 Classificação da geada

A geada é classificada de acordo com dois critérios: a sua intensidade e o seu aspeto. Os dois critérios costumam estar relacionados.

Os diferentes tipos de geada são:

8.2.3.1 Geada branca

Forma-se pela condensação direta do estado gasoso para o estado sólido. Ocorre no solo ou em voo sobre nuvens. A formação de gelo é ligeira, mas pode prejudicar a visibilidade através do para-brisas.

8.2.3.2 Geada branca

Forma-se pela solidificação rápida de gotículas sobre-arrefecidas. Ocorre em ambientes de nuvens instáveis e a deposição pode rapidamente tornar-se significativa.

8.2.3.3 Geada transparente

Forma-se pela solidificação lenta de gotículas sobre-arrefecidas. Ocorre em ambientes nublados, geralmente instáveis. Forma-se principalmente a temperaturas entre os 0 e os -15 °C. A formação lenta permite que o depósito se espalhe, o que pode ser muito significativo. É muito perigoso.

8.2.3.4 Gelo negro

É formado pelo congelamento de chuva super-arrefecida ou chuvisco ao atingir o solo ou um obstáculo. O depósito transparente forma-se muito rapidamente sobre toda a superfície da aeronave. A sua espessura pode rapidamente tornar-se significativa.

8.2.4 Os efeitos da formação de gelo

Os efeitos da formação de gelo afetarão a fuselagem e os motores. Em caso de formação de gelo ligeiro, não há perigo real se forem tomadas medidas para evitar que se agrave. Os efeitos da formação de gelo moderada podem ser

controlados por dispositivos anticongelantes da aeronave. No entanto, as áreas com formação de gelo grave devem ser sempre cuidadosamente evitadas.

Efeitos na célula:

- aumento da massa do dispositivo
- deformação do perfil aerodinâmico pela deposição de gelo (redução da performances)

- colocação de instrumentos fora de serviço devido à formação de gelo nas sondas (tubo de Pitot, tomadas estático,...)
- interrupção do equipamento de radionavegação devido à formação de gelo nas antenas
- riscos de bloqueio de peças móveis (superfícies de controlo, flaps, slats, trem de aterragem)
- visibilidade nula através do pára-brisas.

Efeitos nos motores:

- formação de gelo no carburador nos motores de pistão (perda de potência ou paragem do motor)
- queda da eficiência da hélice
- formação de gelo nas entradas de ar dos reactores (quebra de eficiência)
- passagem de gelo para os reactores (desprendimento na entrada de ar e posterior aspiração pelo motor. Possíveis danos nos compressores ou apagamento devido ao gelo na câmara de combustão).

Para combater a formação de gelo, a melhor solução é tentar evitá-la evoluindo o mínimo possível em condições de gelo. No entanto, para evitar a formação de gelo na aeronave em condições de nuvens, existem dispositivos para descongelar as arestas de ataque das asas, aquecer as sondas de medição ou antenas e os para-brisas.

8.3 PRECIPITAÇÕES PERIGOSAS

Algumas precipitações são particularmente perigosas para as aeronaves que as atravessam. Os principais riscos que representam estão relacionados com a queda significativa da visibilidade abaixo. As rajadas (chuvas torrenciais) não representam um grande risco devido à sua natureza (chuva), mas obrigam o piloto a voar muito baixo para evitar entrar nas nuvens.

Como a visibilidade é fraca durante as rajadas, o risco de colisão com o solo ou com obstáculos elevados torna-se significativo. O mesmo se aplica durante as nevões. Neste caso, pode existir um risco adicional de formação de gelo (acumulação de gelo em determinadas zonas da fuselagem ou dos

motores), como é o caso do gelo negro.

8.4 TURBULÊNCIA

As aeronaves modernas são concebidas e equipadas para suportar uma vasta gama de tensões, mas a resistência mecânica da fuselagem tem limites que não devem ser ultrapassados. Estes limites são estabelecidos pelo fabricante durante o projeto da aeronave e verificados através de testes estáticos na fuselagem.

Exceder estas restrições pode deformar o dispositivo, o que prejudica o seu desempenho.

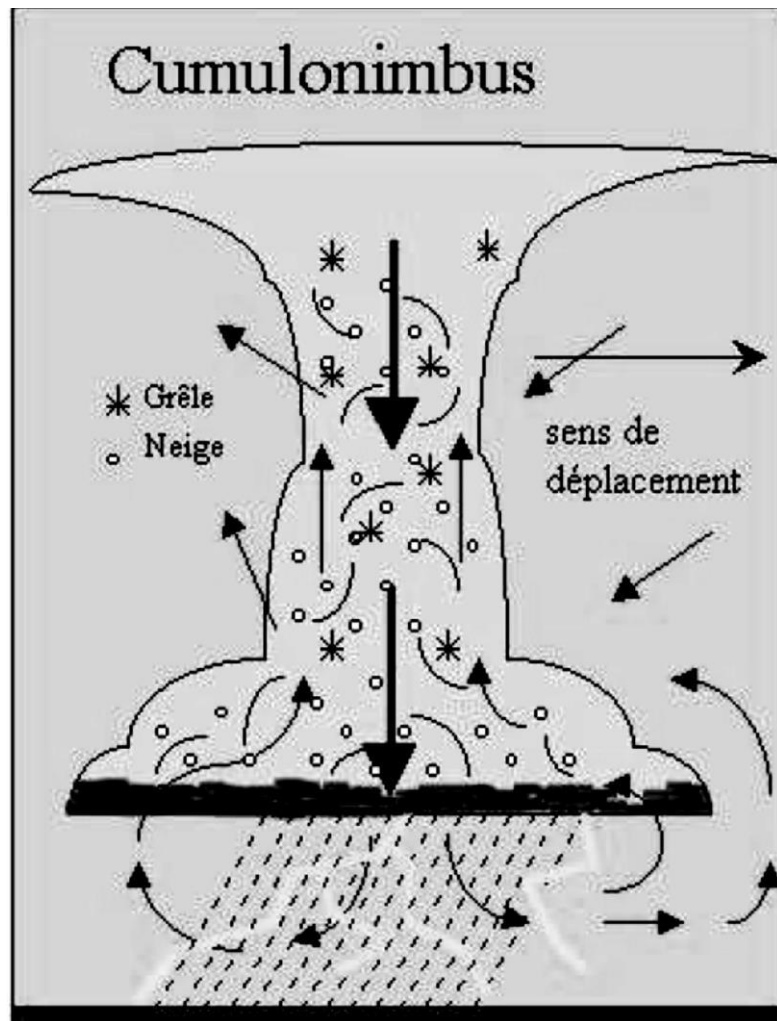
Alguns sistemas podem ser desativados, gerando graves problemas de segurança.

Em algumas nuvens (cúmulos-nimbos), as correntes de convecção são tão violentas que as aeronaves podem ser sujeitas a tensões que excedem os seus limites. É fundamental evitar voar através destas nuvens. A aeronave pode sofrer danos graves e a segurança dos passageiros pode estar em risco.

A turbulência severa também pode ocorrer quando os ventos fortes atingem terrenos marcados. Evite voar muito perto do terreno com ventos fortes. Em rotores que voam atrás do terreno, a turbulência pode causar perda de controlo.

É possível encontrar turbulência em ar limpo: GATO (Turbulência em Ar Limpo). Ocorrem a grandes altitudes, em zonas com fortes gradientes de temperatura e pressão. Isto cria movimentos verticais violentos que abalam a aeronave. Podem ocorrer em áreas bastante extensas, mas o seu desenvolvimento vertical continua a ser bastante limitado. Por isso, é bastante fácil evitá-las mudando de altitude.

8.5A TEMPESTADE



Tempestades formam-se dentro de nuvens cumulonimbus. Estas nuvens com um desenvolvimento vertical muito grande resultam de movimentos de convecção muito poderosos. Podem desenvolver-se devido ao aquecimento muito elevado do solo em dias de verão. Ficam então isoladas e explodem ao final da tarde na maioria das vezes. Podem também formar-se nas frentes frias de perturbações quando o ar quente e húmido é fortemente levantado pelo ar frio que o empurra. Neste caso, formam uma barreira de cúmulos-nimbos embutida na massa. As tempestades são muito violentas e muito frequentes no equador. A sua força e frequência diminuem à medida que se desloca em direção aos polos. São aí inexistentes porque não há nem o calor nem a humidade necessários para o desenvolvimento de cúmulos-nimbos nos pólos. No final da tempestade, o cúmulo-nimbo desintegra-se.

É um sistema tão poderoso que é impossível regenerá-lo como no caso de outras nuvens que dão origem a precipitação.

A sua duração varia entre alguns minutos e algumas dezenas de minutos, mas a

precipitação que as acompanha é muito violenta e muito perigosa para as aeronaves. Por outro lado, no interior da própria nuvem, encontramos não só chuva, mas

também neve e granizo. É possível encontrar granizos com dezenas ou até centenas de gramas. O recorde é de um quilo! Estes meteoros causam tanto dano a uma aeronave como projéteis antiaéreos de pequeno calibre...

Os movimentos de convecção dentro e em redor das nuvens cumulonimbus (incluindo na fase de formação) são muito violentos. Uma aeronave que atravessasse uma nuvem cumulonimbus sofre uma turbulência significativa que pode colocar em risco a aeronave e os seus ocupantes.

O atrito entre as partículas no interior da nuvem provoca uma separação de cargas elétricas.

A parte inferior da nuvem fica carregada negativamente, enquanto a parte superior fica carregada positivamente.

Quando as cargas são muito elevadas, ocorre uma descarga violenta acompanhada de um fenómeno luminoso (relâmpago) e de um fenómeno acústico (trovão). Esta descarga pode ocorrer entre a base da nuvem e o solo (raios em sequência) ou entre a base e o topo da nuvem (raios em massa). Uma aeronave atingida por um raio pode ter partes da sua estrutura danificadas ou alguns dos seus instrumentos e circuitos eléctricos inoperacionais. Além disso, os raios podem cegar temporariamente a tripulação.

Por conseguinte, é essencial não voar dentro ou abaixo de nuvens cumulonimbus para evitar todos os riscos associados à tempestade.